

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-163403

(43)Date of publication of application : 18.06.1999

(51)Int.Cl.

H01L 33/00
H01L 21/301

(21)Application number : 09-328665

(71)Applicant : NICHIA CHEM IND LTD

(22)Date of filing : 28.11.1997

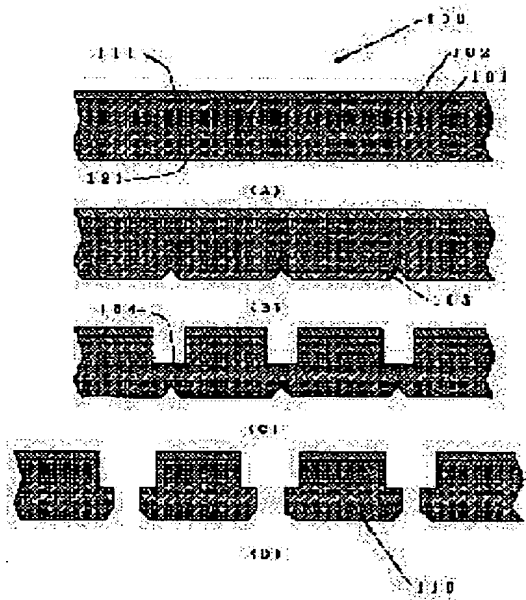
(72)Inventor : SHONO HIROBUMI
TOYODA TATSUNORI

(54) MANUFACTURE OF NITRIDE SEMICONDUCTOR ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To especially provide a method for manufacturing a nitride semiconductor element which enables separation of a nitride semiconductor element formed on a substrate with high yield, related to a method for manufacturing a light-emitting diode or a laser diode capable of emitting ultraviolet to orange lights and furthermore a group III-V semiconductor element that can be driven at high temperatures.

SOLUTION: A method for manufacturing a nitride semiconductor element 110, in which a semiconductor wafer 100 having a nitride semiconductor 102 formed on a substrate 101 is divided into nitride semiconductor elements 110, and in particular includes a step of radiating a laser beam through a semiconductor wafer 100 from the side of a first main surface (111) of the semiconductor wafer 100 and/or the side of a second main surface (121) of the semiconductor wafer 100, thus forming a scribe line 103 at a focal point formed at least on the side of the second main surface 121 of the substrate 101 and/or the side of the first main surface (111) of the substrate 101, and a step of separating the semiconductor wafer along the scribe line.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 13.03.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3449201

[Date of registration] 11.07.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

* NOTICES *

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.*** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the manufacture approach of a nitride semiconductor device (110) of dividing into a nitride semiconductor device (110) the semi-conductor wafer (100) with which the nitride semi-conductor (102) was formed on the substrate (101). Said semi-conductor wafer (100) is minded for laser from a 1st principal plane (111) and/or 2nd principal plane (121) side. said semi-conductor wafer (100) — the 1st and 2nd principal planes — having — this — The process which forms scribe Rhine (103) in the focus which irradiated and was formed in the 2nd [of said substrate (101)] principal plane (121), and/or 1st [of said substrate (101)] principal plane (111) side at least, The manufacture approach of the nitride semiconductor device characterized by having the process which separates a semi-conductor wafer along said scribe Rhine.

[Claim 2] Said 1st principal plane (111) is the manufacture approach of the nitride semiconductor device which is the nitride semi-conductor laminating side of the semi-conductor wafer (100) with which the nitride semi-conductor (102) was formed only in one side on a substrate (101), and was indicated by claim 1 which is the substrate exposure side which the 2nd principal plane (121) counters with the 1st principal plane (111) through a semi-conductor wafer (100).

[Claim 3] Said scribe Rhine is the manufacture approach of the nitride semiconductor device indicated by claim 1 which is the crevice (103) formed in the substrate exposure.

[Claim 4] Said scribe Rhine is the manufacture approach of the nitride semiconductor device indicated by claim 1 which is the damaged layer (206) formed in the interior of a substrate.

[Claim 5] The manufacture approach of the nitride semiconductor device indicated by at least one sort chosen from a diamond scriber, a dicer, and a laser beam machine as a 1st [of said semi-conductor wafer (100) with which laser is irradiated] principal plane (111), and/or 2nd principal plane (121) side at claim 1 which has the process which forms said scribe Rhine and the slot (104) of abbreviation parallel.

[Claim 6] It is the manufacture approach of a nitride semiconductor device of dividing into a nitride semiconductor device (110) the semi-conductor wafer (100) with which the nitride semi-conductor (102) was formed only in one side on a substrate (101). The process which irradiates laser from the 1st principal plane (111) side in which the nitride semi-conductor (102) of the semi-conductor wafer (100) which has the 1st and 2nd principal planes was formed, and forms scribe Rhine (103) in a 2nd principal plane (121) side, The process which forms the slot (104) which are said 1st principal plane (111) side to said scribe Rhine (103), and abbreviation parallel, and arrives at a substrate (101) front face, The manufacture approach of the nitride semiconductor device characterized by having the process which separates a semi-conductor wafer (100) along said scribe Rhine (103).

[Claim 7] Said slot (204) is the manufacture approach of the nitride semiconductor device indicated by claim 6 formed in the front face by the side of the 1st principal plane (211) on which the substrate was exposed beforehand.

[Claim 8] It is the manufacture approach of a nitride semiconductor device of dividing into a nitride semiconductor device (310) the semi-conductor wafer (300) with which the nitride semi-conductor (302) was formed only in one side on a substrate (301). Laser is irradiated from the 1st principal plane [in which the nitride semi-conductor (302) of the semi-conductor wafer (300) which has the 1st and 2nd principal planes was formed] (311), and 2nd principal plane (321) side which counters. The process which forms scribe Rhine (308) in a 1st [of a substrate (301)] principal plane (311) side, The process which forms in said scribe Rhine (308) and abbreviation parallel the slot (309) which does not reach a nitride semi-conductor (302) from said 2nd principal plane (321) side, The manufacture approach of the nitride semiconductor device characterized by having the process which separates said semi-conductor wafer (300) along said scribe Rhine (308).

[Translation done.]

* NOTICES *

JP0 and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the manufacture approach of the light emitting diode which can emit light from an ultraviolet region to orange, laser diode, and the nitride semiconductor device further formed especially on the substrate with respect to the manufacture approach of the 3-5 group semiconductor device which can be driven also in the elevated temperature.

[0002]

[Description of the Prior Art] The semiconductor device using the nitride semi-conductor ($\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$, $0 \leq x, 0 \leq y, x+y \leq 1$) which has a high energy band gap is being developed today. The semiconductor laser to which the light emitting diode with which blue, green, and ultraviolet can emit light, respectively, and purple-blue light can emit light as an example of a device using a nitride semi-conductor is reported. Furthermore, also in an elevated temperature, the various semiconductor devices with a high mechanical strength in which a stable drive is possible are mentioned.

[0003] Usually, the semi-conductor wafer with which the laminating of the semiconductor materials, such as GaAs, GaP, and InGaAlAs, was carried out is cut down in the shape of a chip, and is used as semiconductor devices, such as an LED chip with which red, orange, yellow, etc. can emit light. A dicer and a ** diamond scribe are used as an approach of starting in the shape of a chip from a semi-conductor wafer. After a dicer carries out full cutting of the wafer in rotation of the disk which uses the edge of a blade as a diamond or cuts the slot of width larger than edge-of-a-blade width deeply (half cutting), it is equipment cut according to external force. the needle which uses a tip as a diamond as well as a diamond scribe on the other hand — a line (scribe Rhine) very thin to a semi-conductor wafer — for example, after lengthening in a grid pattern, it is equipment cut according to external force. The crystal of zinc structure which carries neither GaP nor GaAs has cleavage in the "110" directions. Therefore, semi-conductor wafers, such as GaAs, GaAlAs, and GaP, can be divided into a request configuration comparatively easily using this property.

[0004] However, it is difficult for the semiconductor device using a nitride semi-conductor to make a single crystal form unlike semiconductor devices made to form on GaP, GaAlAs, or a GaAs semi-conductor substrate, such as GaAsP, GaP, and InGaAlAs. in order to obtain the single crystal film of a crystalline good nitride semi-conductor — MOCVD — law and HDVPE — making it form in tops, such as sapphire and a spinel substrate, through a buffer layer using law etc. is performed. Semiconductor devices, such as an LED chip, must be made to form in the magnitude of a request of the nitride semi-conductor layer formed on silicon on sapphire etc. by carrying out cutting separation.

[0005] The nitride semi-conductor by which a laminating is carried out to sapphire, a spinel, etc. is hetero-epi structure. a nitride semi-conductor — silicon on sapphire etc. — lattice constant irregular ** — it is large. Moreover, silicon on sapphire has the crystal structure of hexagonal system, and does not have the property top cleavage. Furthermore, it is the matter with Mohs hardness very as hard [sapphire and a nitride semi-conductor] as about 9.

[0006] Therefore, it was difficult to cut with a diamond scribe. Moreover, when full cutting was carried out by the dicer, it was not able to cut finely that it is easy to generate a crack and a chipping in the cutting plane. Moreover, there was a case where a nitride semi-conductor layer exfoliated partially from a substrate depending on the case.

[0007] If a semi-conductor wafer can be correctly separated in the shape of a chip, without damaging the crystallinity of a nitride semi-conductor, the electrical property and effectiveness of a semiconductor device can be raised. And since many semiconductor chips can be obtained from one semi-conductor wafer, productivity is also raised.

[0008] Therefore, separating a nitride semi-conductor wafer for every desired chip combining a diamond scribe or a dicer is performed. It is indicated by JP,8-274371,A etc. as the separation approach for every chip. As a concrete example, the manufacture approach of a nitride semiconductor device is shown in drawing 5 (D) from drawing 5 (A). The semi-conductor wafer (500) with which the nitride semi-conductor layer (502) was formed on silicon on sapphire (501) is shown in drawing 5 (A). The process which forms the slot (509) by the dicer (non-** Fig.) in the depth which does not reach a nitride semi-conductor layer from a silicon-on-sapphire inferior-surface-of-tongue side is shown in drawing 5 (B). The process which forms scribe Rhine (507) in a slot (509) is shown in drawing 5 (C). The separation process which divides the back semi-conductor wafer (500) of a scribe process into a chip-like semi-conductor light emitting device (510) is shown in drawing 5 (D). Thereby, it is supposed that it can cut comparatively finely, without the crack of a cutting plane and a chipping occurring.

[0009]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, when scribe Rhine etc. is made to form only in one side of a semi-conductor wafer, it is in the inclination which a crack and a chipping tend to generate in the cutting plane of another side at the time of separation. Although the shape of 1 surface type of the separated nitride semiconductor device can be arranged, in the shape of surface type of another side of a nitride semiconductor device, variation occurs and it is easy to produce a crack and a chipping to a semi-conductor wafer. Therefore, when separating a semi-conductor wafer, how by the side of the semi-conductor wafer side which is not formed from a scribe Rhine forming face side to break is controlled, and arranging and cutting the configuration of a nitride semiconductor device completely has the problem of being very difficult.

[0010] On the other hand, it is possible to make scribe Rhine form in both sides of a semi-conductor wafer, to be able to break a nitride semi-conductor wafer, and to control the direction. However, the process which carries out *** repetition

re-degree immobilization of the semi-conductor wafer, preventing adhesion of dust etc. is needed for forming scribe Rhine in both the principal planes of a nitride semi-conductor wafer, and mass-production nature worsens extremely. Moreover, degradation [exhausting / of the cutter edge of a blade of a diamond scriber etc.] of the semi-conductor wafer degree of hardness of the nitride semi-conductor formed on silicon on sapphire increases very highly, and the manufacturing cost for the variation in process tolerance and edge-of-a-blade exchange generates it. Furthermore, if scribe Rhine is made to form with a diamond scriber, the load to a diamond scriber must be changed according to wear of the edge of a blade. Moreover, in order to make scribe Rhine form with a diamond scriber, it must be made to contact at the include angle for which it was suitable for every edge of a blade of the diamond, and has the problem that mass-production nature is very bad.

[0011] In today when to make a smaller nitride semiconductor device form with sufficient mass-production nature correctly is desired, it is not enough in the above-mentioned cutting process, and the manufacture approach of a nitride semiconductor device of having excelled more is searched for.

[0012] If a semi-conductor wafer can be correctly separated in the shape of a chip, without damaging the crystallinity of a nitride semi-conductor especially, the electrical property and effectiveness of a semiconductor device can be raised. And since many nitride semiconductor devices can be obtained from one wafer, productivity is also raised.

[0013] Therefore, this invention is faced separating a nitride semi-conductor wafer in the shape of a chip, and lessens the crack of a cutting plane, and generating of a chipping more. Moreover, it aims at offering the manufacture approach which forms the nitride semiconductor device divided into a desired form and size with the sufficient yield with sufficient mass-production nature, without spoiling the crystallinity of a nitride semi-conductor.

[0014]

[Means for Solving the Problem] This invention is the manufacture approach of a nitride semiconductor device (110) of dividing into a nitride semiconductor device (110) the semi-conductor wafer (100) with which the nitride semi-conductor (102) was formed on the substrate (101). Especially A semi-conductor wafer (100) has the 1st and 2nd principal planes, and minds a semi-conductor wafer (100) for laser from a 1st principal plane (111) and/or 2nd principal plane (121) side. The process which forms scribe Rhine (103) in the focus which irradiated and was formed in the 2nd [of a substrate (101)] principal plane (121), and/or 1st [of a substrate (101)] principal plane (111) side at least, It is the manufacture approach of a nitride semiconductor device of having the process which separates a semi-conductor wafer along scribe Rhine.

[0015] In the manufacture approach of the nitride semiconductor device indicated by claim 2 of this invention, the 1st principal plane (111) is the nitride semi-conductor laminating side of the semi-conductor wafer (100) with which the nitride semi-conductor (102) was formed only in one side on a substrate (101), and the 2nd principal plane (121) is the substrate exposure side which counters with the 1st principal plane (111) through a semi-conductor wafer (100).

[0016] In the manufacture approach of the nitride semiconductor device indicated by claim 3 of this invention, scribe Rhine is the crevice (103) formed in the substrate exposure.

[0017] In the manufacture approach of the nitride semiconductor device indicated by claim 4 of this invention, scribe Rhine is the damaged layer (206) formed in the interior of a substrate.

[0018] In the manufacture approach of the nitride semiconductor device indicated by claim 5 of this invention, it has the process which forms scribe Rhine and the slot (104) of abbreviation parallel by at least one sort chosen from a diamond scriber, a dicer, and a laser beam machine as a 1st [of the semi-conductor wafer (100) with which laser is irradiated] principal plane (111), and/or 2nd principal plane (121) side.

[0019] The manufacture approach of the nitride semiconductor device of this invention according to claim 6 It is the manufacture approach of a nitride semiconductor device of dividing into a nitride semiconductor device (110) the semi-conductor wafer (100) with which the nitride semi-conductor (102) was formed only in one side on a substrate (101). The process which irradiates laser from the 1st principal plane (111) side in which the nitride semi-conductor (102) of the semi-conductor wafer (100) which has the 1st and 2nd principal planes was formed, and forms scribe Rhine (103) in a 2nd principal plane (121) side, It has the process which forms the slot (104) which are a 1st principal plane (111) side to scribe Rhine (103), and abbreviation parallel, and arrives at a substrate (101) front face, and the process which separates a semi-conductor wafer (100) along scribe Rhine (103).

[0020] A slot (204) is formed in the front face by the side of the 1st principal plane (211) on which the substrate was exposed beforehand in the manufacture approach of the nitride semiconductor device of this invention according to claim 7.

[0021] The manufacture approach of the nitride semiconductor device of this invention according to claim 8 It is the manufacture approach of a nitride semiconductor device of dividing into a nitride semiconductor device (310) the semi-conductor wafer (300) with which the nitride semi-conductor (302) was formed only in one side on a substrate (301). Laser is irradiated from the 1st principal plane [in which the nitride semi-conductor (302) of the semi-conductor wafer (300) which has the 1st and 2nd principal planes was formed] (311), and 2nd principal plane (321) side which counters. The process which forms scribe Rhine (308) in a 1st [of a substrate (301)] principal plane (311) side, [Embodiment of the Invention] which has the process which forms in scribe Rhine (308) and abbreviation parallel the slot (309) which does not reach a nitride semi-conductor (302) from a 2nd principal plane (321) side, and the process which separates a semi-conductor wafer (300) along scribe Rhine (308) Variously, without damaging a semi-conductor property by irradiating laser from specification in the specific part of a semi-conductor wafer, when a nitride semiconductor device is manufactured, as a result of the experiment, this invention persons find out that the nitride semiconductor device excellent in mass-production nature can be manufactured, and came to accomplish this invention.

[0022] That is, without damaging a nitride semi-conductor layer for scribe Rhine which serves as a separation guide of a nitride semiconductor device by the approach of this invention, a nitride semi-conductor wafer can be penetrated and it can form in the point of arbitration other than a laser radiation side side. Both sides of a semi-conductor wafer can be processed comparatively easily, without causing a bad influence in a nitride semiconductor device from the same side side especially. Hereafter, the manufacture approach of this invention is explained in full detail.

[0023] The nitride semi-conductor layer of a configuration of being set to LD (laser diode) was made to form on a spinel substrate as a semi-conductor wafer. The laminating of the barrier layer of InGaN which specifically serves as the multiplex quantum well structure where doped the buffer layer of GaN, the contact layer of the n mold GaN, the cladding layer of the

n mold AlGaIn, the lightguide layer of the n mold GaIn, and Si, and the presentation of In was changed on the spinel substrate, the cap layer of the p mold AlGaIn, the lightguide layer of the p mold GaIn, the cladding layer of the p mold AlGaIn, and the contact layer of the p mold GaIn is carried out. The CO₂ laser was irradiated from the spinel substrate side of this semi-conductor wafer, and the damaged layer was made to form in the interface of a nitride semi-conductor layer and a spinel substrate as scribe Rhine. A slot is made to form in scribe Rhine and abbreviation parallel on a spinel substrate by the dicer. The nitride semiconductor device was made to form by pressurizing along a slot with a roller. As for each separated nitride semiconductor device, the end face is formed finely. Hereafter, the equipment used for the process of this invention is explained in full detail.

[0024] (Nitride semi-conductor wafer 100,200,300,400) As a nitride semi-conductor wafer 100,200,300,400, the nitride semi-conductor 102 is formed on a substrate 101. Although various things, such as sapphire, a spinel, silicon carbide, a zinc oxide, and a gallium nitride single crystal, are mentioned, in order to make a crystalline good nitride semi-conductor layer with sufficient mass-production nature form as a substrate 101 of the nitride semi-conductor 102, silicon on sapphire, a spinel substrate, etc. are used suitably. Silicon on sapphire etc. does not have cleavability, and since it is very hard, this invention will commit it effectively especially. A nitride semi-conductor may be made to be able to form in one side of a substrate, and can also be made to form in both sides.

[0025] a nitride semi-conductor ($\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}$, $0 \leq x, 0 \leq y, x+y \leq 1$) — MOCVD — law and HVPE — many things can be formed by law etc. It can use as a semiconductor device by making a PN junction, PIN junction, and MIS junction form in a nitride semi-conductor. The structure of a semi-conductor can also choose heterojunction etc. variously to gay junction, a heterojunction, or double. Moreover, it can also consider as the single quantum well structure and multiplex quantum well structure which were used as the thin film which is extent from which the quantum effectiveness produces a semi-conductor layer.

[0026] Since the band gap is comparatively greatly strong with heat, a nitride semi-conductor can be used as various semiconductor devices, such as a transistor which has photo detectors, such as light emitting devices, such as available short wavelength laser, a photosensor, and a solar battery that has high electromotive force comparatively, and thermal resistance in light emitting diode, DVD, etc. which can emit light from ultraviolet to a red system.

[0027] Although many things can be chosen with the process tolerance and the output of a laser beam machine as thickness of a substrate, when making a large slot (trench) form with laser, it is desirable not to enlarge the slot by laser processing etc. too much from viewpoints, such as that it takes time amount compared with a diamond scribe or a dicer and partial destruction by prolonged heating. Therefore, the slot 104 formed in a semi-conductor wafer is based on laser, and also it can be variously chosen with a dicer or a diamond scribe in consideration of mass-production nature etc. Or it can be made to form with those combination.

[0028] When making the silicon on sapphire to which the laminating of the nitride semi-conductor was carried out separate, in order to make an amputation stump side cut with sufficient mass-production nature, the thickness of the thinnest separation section of a nitride semi-conductor wafer has desirable 100 micrometers or less. If it is 100 micrometers or less, a chipping, a crack, etc. can dissociate few comparatively easily. Although especially the lower limit of the thickness of a substrate does not ask, since mass-production nature will become being easy to be divided bad in the semi-conductor wafer itself if it is made not much thin, 30 micrometers or more are desirable. Moreover, when a nitride semi-conductor layer contains thin films, such as single quantum well structure and multiplex quantum well structure, etching etc. can also remove beforehand the nitride semi-conductor layer by which laser is beforehand irradiated in order to prevent the semi-conductor junction by laser radiation, and damage on a semi-conductor layer. Etching can use the various dry etching methods and wet etching methods.

[0029] When considering as the nitride semi-conductor wafer for light emitting diodes, there is usually thickness of 300 to 500 micrometers with a substrate, and there is thickness of several micrometers to dozens of micrometers in a nitride semi-conductor layer with pn junction. Therefore, most semi-conductor wafers will be occupied by the thickness of a substrate. In order to make processing by laser easy to perform, thickness of a substrate can be made thin by polish. Such polish can also make a nitride semi-conductor form on the substrate which could make thin and was ground thinly, after making a nitride semi-conductor form.

[0030] In addition, it is thought that the nitride semi-conductor wafer with which laser was irradiated becomes the damaged layers 206 and 308 which are the sets of the crevices 103 and 403 where the exposure section used as the focus flew alternatively, or a microscopic micro clock. Moreover, a 1st principal plane and 2nd principal plane side means the location of the arbitration towards the 1st principal plane or 2nd principal plane from the one half of the total thickness on the basis of the total thickness of the semi-conductor wafer by which processing separation is carried out. Therefore, the front face of a semi-conductor wafer is sufficient, and the interior is sufficient. Furthermore, in addition to laser processing by the side of the 1st principal plane and/or the 2nd principal plane, this invention may carry out laser processing of the core of the total thickness of a semi-conductor wafer.

[0031] (Laser beam machine) As a laser beam machine used for this invention, a nitride semi-conductor wafer just forms a disengageable slot, a damaged layer, etc. Specifically, a CO₂ laser, an YAG laser, an excimer laser, etc. are used suitably.

[0032] the laser irradiated by the laser beam machine can be variously boiled by request, and can make a focus adjust according to the optical system of a lens etc. Therefore, a slot, a damaged layer, etc. can be made to form, without making the focus of the arbitration of a semi-conductor wafer damage a nitride semi-conductor by the laser radiation from the same. Moreover, desired configurations, such as the shape of the shape of the shape of a perfect circle and an ellipse or a rectangle, can also be made to adjust the exposure side of laser by letting a filter pass etc.

[0033] Only the laser which laser radiation equipment itself may be moved to formation of scribe Rhine by the laser beam machine, and is irradiated can also be made to scan and form by a mirror etc. Furthermore, desired scribe Rhine can also be formed by making the stage holding a semi-conductor wafer drive [rotation / the upper and lower sides, right and left, / 90 degree] variously. It cannot be overemphasized that it is not what is hereafter limited only to an example although the example of this invention is explained in full detail.

[0034]

[Example] (Example 1) the sapphire which is 200 micrometers in thickness and was washed — a substrate — carrying out —

- MOCVD — the laminating of the nitride semi-conductor was carried out using law, and the nitride semi-conductor wafer was made to form After a nitride semi-conductor separated a substrate, it was made to form as multilayers so that considering as a light emitting device may be possible. First, the buffer layer with a thickness of about 200A was made to form by pouring the hydrogen gas which is NH₃ (ammonia) gas, TMG (trimethylgallium) gas, and carrier gas as material gas in 510 degrees C.

[0035] Next, after stopping the inflow of TMG gas, the GaN layer with a thickness of about 4 micrometers which works as an n mold contact layer was made to form by mentioning the temperature of a reactor to 1050 degrees C, pouring SiH₄ (silane) gas as NH₃ (ammonia) gas, TMG gas, and dopant gas, and pouring hydrogen gas as carrier gas again.

[0036] The barrier layer made the undoping InGaIn layer with a thickness of about 3nm deposit by considering only as carrier gas, once holding the temperature of a reactor at 800 degrees C, and pouring hydrogen gas as material gas the back as NH₃ (ammonia) gas, TMG gas, TMI (trimethylindium), and carrier gas.

[0037] In order to make a cladding layer form on a barrier layer, after suspending the inflow of material gas and holding the temperature of a reactor at 1050 degrees C, hydrogen gas was formed as Cp₂Mg (cyclo PENTAJIERUMAGUSHIUMU) gas and carrier gas, and the GaAlN layer with a thickness of about 0.1 micrometers was made to form as a sink p mold cladding layer as material gas as NH₃ (ammonia) gas, TMA (trimethylaluminum) gas, TMG gas, and dopant gas.

[0038] The temperature of a reactor is maintained at 1050 degrees C, hydrogen gas is formed as Cp₂Mg gas and carrier gas, and the GaN layer with a thickness of about 0.5 micrometers was made to form as a sink p mold contact layer as NH₃ (ammonia) gas, TMG gas, and dopant gas as material gas finally (drawing 1 (A)). (In addition, annealing treatment of the p mold nitride semi-conductor layer has been carried out above 400 degrees C.)

In this way, it was made to fix on the table which can be freely driven in the direction of a flat surface of the upper and lower sides and right and left so that the nitride semi-conductor 102 which had the formed semi-conductor wafer 100 formed may turn up. The laser beam (wavelength of 356nm) was irradiated from the nitride semi-conductor 102 side formed on silicon on sapphire 101, and the optical system of laser was adjusted so that a focus might be connected to the abbreviation base of silicon on sapphire 101. With a depth of about 4 micrometers scribe Rhine 103 is formed in the base of silicon on sapphire 101 in all directions by moving a stage, making the adjusted laser irradiate by 16 J/cm². If formed scribe Rhine 103 is seen from the principal plane of the nitride semi-conductor wafer 100, each makes it have formed in the magnitude of about 350-micrometer angle which serves as the nitride semiconductor device 110 after that (drawing 1 (B)).

[0039] Next, the slot 104 which reaches silicon on sapphire 101 from the top face of the nitride semi-conductor 102 is formed in the semi-conductor wafer 100 by the dicer, replacing only the laser radiation section of a laser beam machine with a dicing saw, and maintaining immobilization of a nitride semi-conductor wafer. The slot 104 formed of the dicer is formed in parallel through scribe Rhine 103 and the semi-conductor wafer 100 which were formed of laser radiation, and spacing of slot 104 base and the base by the side of silicon on sapphire 101 made it homogeneity mostly by 100 micrometers (drawing 1 (C)).

[0040] Along scribe Rhine 103, a load can be made to be able to act with the roller of a non-** Fig., and cutting separation of the nitride semi-conductor wafer can be carried out. Each separated end face can form the nitride semiconductor device 110 without a chipping or a crack (drawing 1 (D)).

[0041] In the example 1, scribe Rhine 103 is formed by the laser condensed on silicon-on-sapphire 101 base which becomes the rear-face side of the semi-conductor wafer 100 which penetrated not the front-face side of the semi-conductor wafer 100 with which the nitride semi-conductor 102 with which laser is irradiated was formed but the nitride semi-conductor 102, and silicon on sapphire 101.

[0042] By forming the slot 104 which reaches the substrates 101, such as sapphire, the nitride semiconductor device 110 can be divided along scribe Rhine 104 easily and correctly from the principal plane side (laser radiation side) in which the nitride semi-conductor 102 of the semi-conductor wafer 100 was formed.

[0043] In addition, since scribe Rhine 103 is formed by laser, the cost generated for the variation [exhausting / like a diamond scribe / a cutter] of the process tolerance by degradation and edge-of-a-blade exchange can be reduced. Moreover, the effectiveness same with having processed it from semi-conductor wafer both sides can be acquired by processing only from one side of a semi-conductor wafer, and it becomes possible to manufacture the nitride semiconductor device 110 to which the configuration was equal also in the top face and the rear face, and the manufacture yield is raised and it becomes possible the part which can reduce the variation in a configuration, and to make end cost small, and for a semiconductor device to take, and to raise a number especially. Furthermore, scribe Rhine can be formed, without the processing waste by laser adhering on the nitride semi-conductor 102, in order to make scribe Rhine 110 form on the front face by the side of silicon on sapphire 101.

[0044] (Example 2) The semi-conductor wafer with which it was made to etch into it until the interface with the silicon on sapphire in which a slot is formed from a nitride semi-conductor front-face side of RIE (Reactive Ion Etching) was exposed to the semi-conductor wafer made to form like an example 1, and two or more island-like nitride semi-conductor layers 205 were formed is used. In addition, a mask is made to form and it is made to have removed after etching so that pn each semi-conductor may be exposed at the time of etching. Moreover, the electrode 220 is formed in pn each semi-conductor layer by the sputtering method (drawing 2 (A)).

[0045] The same laser beam machine as an example 1 was made to place in a fixed position this semi-conductor wafer 200. Also in an example 2, the laser from a laser beam machine is irradiated from the nitride semi-conductor 205 side of a nitride semi-conductor wafer, and laser optical system is adjusted so that a focus may be connected to the interior of 20-micrometer silicon on sapphire from the base of silicon on sapphire 201. Scribe Rhine used as a damaged layer 206 is formed in the interior of the substrate near the base of silicon on sapphire by moving a stage, making the adjusted laser beam irradiate by 16 J/cm² (drawing 2 (B)).

[0046] Next, laser optical system (non-** Fig.) was readjusted, and it adjusted so that a focus might be connected to the top face (forming-face side of a nitride semi-conductor) of the silicon on sapphire 201 exposed by etching. By moving a stage, the slot which reaches silicon on sapphire from the top face by the side of a nitride semi-conductor layer is formed in a semi-conductor wafer, making the adjusted laser irradiate. The formed slot 204 is made to have formed in abbreviation parallel through a damaged layer 206 and silicon on sapphire 201. In addition, it has adjusted so that spacing of the base of

a slot and the base of silicon on sapphire may be about 100 micrometers and the slot 204 on the silicon on sapphire 201 formed of laser radiation may become homogeneity mostly. Furthermore, laser optical system was readjusted, and it adjusted so that it might be connected to the slot base on which the focus was prepared in silicon on sapphire 201. By moving a stage, with a depth of about 3 micrometers scribe Rhine 207 is formed in the base of the slot 204 established in the exposure of the silicon on sapphire in which the nitride semi-conductor was formed, making 14J /of adjusted laser irradiate by 2 cm (drawing 2 (C)).

[0047] Then, the load was applied, the semi-conductor wafer was cut and the LED chip 210 was made to separate with a roller along a slot (scribe Rhine) (drawing 2 (D)).

[0048] In this way, when power was supplied to the formed LED chip, while all could emit light, there was almost nothing that the chipping has produced in an amputation stump side. The yield was 98% or more.

[0049] In the example 2, ***** into which a thick nitride semi-conductor wafer also divides a nitride semiconductor device simply along scribe Rhine by forming scribe Rhine in substrate table flesh-side both sides with laser becomes possible from the one side side of a semi-conductor wafer. Moreover, since the part in which a slot is formed is etched to silicon on sapphire, it is possible to raise the dependability of the nitride semiconductor device after the damage to the nitride semi-conductor by slot formation made it dissociate fewer. Since the focus of laser is connected with the interior of silicon on sapphire when scribe Rhine is formed especially, processing can be realized without damaging the table or the adhesive sheet which is fixing the semi-conductor wafer. Moreover, there is also no generating of the processing waste by laser radiation. In addition, even if it performs formation of the slot instead of laser processing for all by the dicer, a nitride semiconductor device can be formed with sufficient mass-production nature like this invention.

[0050] A slot and scribe Rhine are processible by non-contact to a nitride semi-conductor wafer with laser. Therefore, the cost generated for exchange of the variation [exhausting / a blade and a cutter] of the process tolerance by degradation and the edge of a blade can be reduced. Moreover, the effectiveness same with having processed it from semi-conductor wafer both sides can be acquired by processing only from one side of a semi-conductor wafer, and it becomes possible to manufacture the semiconductor chip to which the configuration was equal. The part end cost which raises the manufacture yield and can reduce the variation in a configuration is made small, and it becomes possible for the semiconductor device from a nitride semi-conductor wafer to take, and to raise a number.

[0051] Furthermore, it becomes possible by forming the slot from a semi-conductor stratification plane with laser to form the slot where width of face is more narrow. For this reason, it becomes possible for the chip from a nitride semi-conductor wafer to take, and to raise a number further.

[0052] (Example 3) To the semi-conductor wafer 300 made to form like an example 1, silicon on sapphire 301 is beforehand ground to 80 micrometers, and mirror plane finishing is carried out. The 301st page of the silicon on sapphire to which the laminating of the nitride semi-conductor 302 is not carried out in this semi-conductor wafer was turned up, and the stage of the same laser beam machine as an example 1 was placed in a fixed position (drawing 3 (A)).

[0053] In an example 3, the laser from a laser beam machine (non-** Fig.) is irradiated from the 301st page side (substrate exposure side) of the silicon on sapphire in which the nitride semi-conductor 302 of the nitride semi-conductor wafer 300 is not formed, and laser optical system is adjusted so that a focus may be connected to the nitride semi-conductor 302 at the interface of silicon on sapphire 301. Scribe Rhine which is a damaged layer 308 is formed as 1st scribe Rhine in all directions by irradiating laser near the silicon-on-sapphire 301 interface which touched the nitride semi-conductor 302 and the nitride semi-conductor, making a stage drive (drawing 3 (B)).

[0054] Next, the slot 309 which does not reach a nitride semi-conductor side from the silicon-on-sapphire base side where the laminating of the nitride semi-conductor is not carried out by the dicer by blade rotational frequency 30,000rpm and cutting speed 3 mm/sec, replacing only the laser radiation section of a laser beam machine with a dicing saw (non-** Fig.), and maintaining immobilization of a nitride semi-conductor wafer was formed. Every direction is prepared in a damaged layer 308 and abbreviation parallel, and spacing at the base of a slot 309 and the base of silicon on sapphire makes the slot formed of the dicer form so that it may become homogeneity mostly by 50 micrometers. Furthermore, a dicing saw is replaced with a laser beam machine, and the focus of laser is doubled with the base of the slot 309 formed of the dicer. By laser radiation, 2nd scribe Rhine 307 with a depth of about 3 micrometers is formed in the base of the slot 309 formed in silicon on sapphire 301 (drawing 3 (C)).

[0055] Along 2nd scribe Rhine 307, the load was applied with the roller (non-** Fig.), cutting separation of the nitride semi-conductor wafer was carried out, and the nitride semiconductor device 310 was made to form (drawing 3 (D)). In this way, there was almost nothing that the chipping has produced in the amputation stump side of the formed nitride semiconductor device.

[0056] An approach given in an example 3 is forming separately the slot 309 which does not reach the nitride semi-conductor 302 from a substrates, such as sapphire, 301 rear-face side, and becomes possible [separating the nitride semiconductor device 310 easily and correctly along scribe Rhine formed by laser]. Therefore, supply of the nitride semiconductor device to which the configuration was equal also in the top face and the rear face, and improvement in the product yield are attained. In addition, formation of the 1st and 2nd scribe Rhine by laser beam machining can also be formed after processing by the dicer. Processing by the dicer can also be carried out after the 1st and 2nd scribe Rhine formation.

[0057] Since scribe Rhine is formed by laser, the cost generated for the variation [exhausting / a diamond scriber / cutter] of the process tolerance by degradation and edge-of-a-blade exchange can be reduced. moreover, a nitride semi-conductor wafer — ***** — the effectiveness there are nothings and same with having processed it from semi-conductor wafer both sides by processing only from one side of a semi-conductor wafer can be acquired. It becomes possible to manufacture the semiconductor chip to which the configuration was equal, since the manufacture yield is raised and the variation in a configuration can be reduced, end cost is made small, and it becomes possible for the semiconductor chip from a nitride semi-conductor wafer to take, and to raise a number. Furthermore, the processing waste by laser processing does not adhere to a nitride semi-conductor front face.

[0058] (Example 4) The semi-conductor wafer 400 with which it was made to etch into it until the interface with the silicon on sapphire 401 in which a slot is formed from a nitride semi-conductor front-face side of RIE (Reactive Ion Etching) was

exposed to the semi-conductor wafer made to form like an example 1, and two or more island-like nitride semi-conductors 405 were formed is used. In addition, a mask is made to form and it is made to have removed after etching so that pn each semi-conductor may be exposed at the time of etching. Moreover, the electrode 420 is formed in pn each semi-conductor layer by the sputtering method. Mirror plane finishing of the silicon on sapphire 401 of this semi-conductor wafer 400 is ground and carried out to 100 micrometers (drawing 4 (A)).

[0059] The silicon on sapphire 401 to which the laminating of the nitride semi-conductor is not carried out at all in the semi-conductor wafer 400 was turned up, and the same laser beam machine (non-** Fig.) as an example 1 was placed in a fixed position. In an example 4, the laser of a laser beam machine is irradiated from the 401st page side of the silicon on sapphire in which the nitride semi-conductor 405 of a semi-conductor wafer (400) is not formed. A focus adjusts laser optical system (non-** Fig.) so that the nitride semi-conductor 405 may be tied near the front face (the substrate was exposed beforehand) by the side of the silicon-on-sapphire front face by which the laminating was carried out. 1st scribe Rhine 403 with a depth of about 4 micrometers is formed in silicon on sapphire 401 in all directions by laser scan (drawing 4 (B)).

[0060] Next, laser optical system is adjusted again and the slot 409 which does not reach the 405th page of a nitride semi-conductor from a silicon-on-sapphire 401 side is formed in a nitride semi-conductor wafer along 1st scribe Rhine 403 by the scan of laser. Laser optical system is adjusted again and the 2nd scribe Rhine with a depth of about 3 micrometers is formed in the base of a slot by the scan of laser (drawing 4 (C)).

[0061] Along scribe Rhine, a load is applied with a roller (non-** Fig.), a nitride semi-conductor wafer is separated, and the nitride semiconductor device 410 is made to form (drawing 4 (D)).

[0062] When the LED chip which is the separated nitride semiconductor device was made to energize, all could emit light, and when the end face was investigated, there was almost nothing that the chipping and the crack have produced. The yield was 98% or more.

[0063] Since scribe Rhine is formed by laser, the cost generated for the variation [exhausting / the cutter of a diamond scribe] of the process tolerance by degradation and edge-of-a-blade exchange can be reduced. Moreover, it becomes possible to be able to acquire the effectiveness same with having processed it from semi-conductor wafer both sides by processing only from one side of a nitride semi-conductor wafer, and to become possible to manufacture the semiconductor device to which the configuration was equal, to raise the manufacture yield, to make small the part and end cost which can reduce the variation in a configuration, and for the semiconductor chip from a nitride semi-conductor wafer to take, and to raise a number.

[0064] (Example 5) The semi-conductor wafer was separated like the example 1, and the LED chip was made to form except having used the excimer laser instead of the exposure of the YAG laser of an example 1. It can dissociate without turning a semi-conductor wafer over, when making a semi-conductor wafer separate like an example 1. Moreover, each separation end face of the formed LED chip has the beautiful field which can emit light and has neither a chipping nor a crack.

[0065] (Example 1 of a comparison) The semi-conductor wafer was made to separate like an example 1 except having carried out the scribe 3 times repeatedly instead of laser beam machining with the diamond scribe. The crack had produced partially the nitride semiconductor device from which the example 1 of a comparison was separated. Moreover, the crack arose and it was about 84% or less of yield. In addition, in order to make the slot by scribe Rhine or the dicer form in both sides of a semi-conductor wafer, starting workability has very bad time and effort, such as *****, and it took about 1.5 times as many time amount as this.

[0066]

[Effect of the Invention] By the manufacture approach of the nitride semiconductor device of this invention, energy can be centralized near a desired focus by condensing the laser irradiated from the source of laser by the optical system of a lens etc. Processing of a work piece is made with the focus to which this energy density became very high. The focus of the laser which penetrated the nitride semi-conductor wafer especially is used. The laser adjusted to the nitride semi-conductor wafer used as the unnecessary separation section by optical system is irradiated, and it becomes possible to process it freely to the field of the opposite side of a semi-conductor wafer to the laser radiation side of a nitride semi-conductor wafer, without damaging a required nitride semi-conductor layer.

[0067] Therefore, by using processing with the focus of the request which penetrated the nitride semi-conductor wafer, this invention does not need to process a nitride semi-conductor wafer from both-sides side, and can acquire the same effectiveness as having processed it from front flesh-side both sides of a nitride semi-conductor wafer by processing only from one side. Therefore, the yield can be raised more and variation can provide a configuration with the good manufacture approach of few nitride semiconductor device and its mass-production nature.

[0068]

[Easy explanation of drawing]

[Drawing 1] Drawing 1 is the typical fragmentary sectional view having shown the separation approach of the semi-conductor wafer in the example 1 of this invention.

[0069]

[Drawing 2] Drawing 2 is the typical fragmentary sectional view having shown the separation approach of the semi-conductor wafer in the example 2 of this invention.

[0070]

[Drawing 3] Drawing 3 is the typical fragmentary sectional view having shown the separation approach of the semi-conductor wafer in the example 3 of this invention.

[0071]

[Drawing 4] Drawing 4 is the ** type fragmentary sectional view having shown the separation approach of the semi-conductor wafer in the example 4 of this invention.

[0072]

[Drawing 5] Drawing 5 is the typical fragmentary sectional view having shown the cutting process of the nitride semi-conductor wafer shown for this invention and a comparison.

[0073]

[Description of Notations]

100,200,300,400 ... Semi-conductor wafer 101, 201, 301, 401 ... Substrate 102, 302 ... Nitride semi-conductor layer 103, 403 [... Scribe Rhine 207 and 307 by the damaged layer formed in the interior of a substrate,] ... Scribe Rhine 104 and 204 formed in the substrate front face ... Slots 205 and 405 formed in silicon on sapphire from the semi-conductor stratification plane ... Island-like nitride semi-conductor layer 206 407 [... Nitride semiconductor devices 111, 211, and 311,] ... Scribe Rhine 308 formed in the slot base ... Scribe Rhine 309 and 409 formed in the boundary of a semi-conductor layer and a substrate ... Slots 110, 210, 310, and 410 formed in silicon on sapphire 411 ... The 1st principal plane 121, 221, and 321, 421 [... Substrate 502 / ... Nitride semi-conductor layer 507 / ... Scribe Rhine 509 formed in the slot base / ... Slot 510 formed in silicon on sapphire / ... Nitride semiconductor device] ... The 2nd principal plane 220 and 420 ... Electrode 500 ... Semi-conductor wafer 501

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-163403

(43)公開日 平成11年(1999) 6月18日

(51)Int.Cl.⁶

H 0 1 L 33/00
21/301

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00
21/78

C
L

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願平9-328665

(22)出願日 平成9年(1997)11月28日

(71)出願人 000226057

日亜化学工業株式会社
徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72)発明者 庄野 博文

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(72)発明者 豊田 達憲

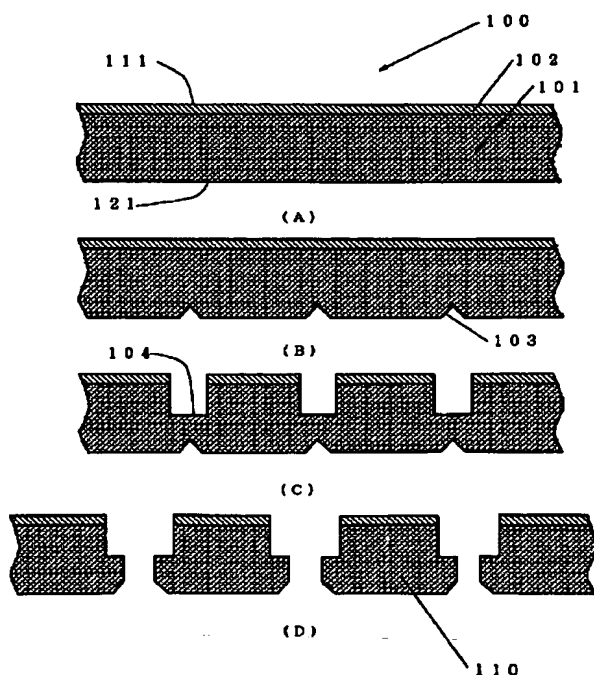
徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(54)【発明の名称】 窒化物半導体素子の製造方法

(57)【要約】

【課題】紫外域から橙色まで発光可能な発光ダイオードやレーザーダイオード更には、高温においても駆動可能な3-5族半導体素子の製造方法に係わり、特に、歩留まりよく基板上に形成された窒化物半導体素子を分離可能な窒化物半導体素子の製造方法を提供する。

【解決手段】基板(101)上に窒化物半導体(102)が形成された半導体ウエハー(100)を窒化物半導体素子(110)に分割する窒化物半導体素子(110)の製造方法であり、特に半導体ウエハー(100)は第1及び第2の主面を有し第1の主面(111)側及び／又は第2の主面(121)側からレーザーを半導体ウエハー(100)を介して照射し少なくとも基板(101)の第2の主面(121)側及び／又は基板(101)の第1の主面(111)側に形成された焦点にスクライプ・ライン(103)を形成する工程と、スクライプ・ラインに沿って半導体ウエハーを分離する工程とを有する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】基板(101)上に窒化物半導体(102)が形成された半導体ウエハー(100)を窒化物半導体素子(110)に分割する窒化物半導体素子(110)の製造方法であって、前記半導体ウエハー(100)は第 1 及び第 2 の主面を有し該第 1 の主面(111)側及び／又は第 2 の主面(121)側からレーザーを前記半導体ウエハー(100)を介して照射し少なくとも前記基板(101)の第 2 の主面(121)側及び／又は前記基板(101)の第 1 の主面(111)側に形成された焦点にスクライプ・ライン(103)を形成する工程と、前記スクライプ・ラインに沿って半導体ウエハーを分離する工程とを有することを特徴とする窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項 2】前記第 1 の主面(111)は基板(101)上の一方にのみ窒化物半導体(102)が形成された半導体ウエハー(100)の窒化物半導体積層側であり、第 2 の主面(121)は半導体ウエハー(100)を介して第 1 の主面(111)と対向する基板露出面側である請求項 1 に記載された窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項 3】前記スクライプ・ラインは基板露出面に形成された凹部(103)である請求項 1 に記載された窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項 4】前記スクライプ・ラインは基板内部に形成された加工変質層(206)である請求項 1 に記載された窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項 5】レーザーが照射される前記半導体ウエハー(100)の第 1 の主面(111)側及び／又は第 2 の主面(121)側にダイヤモンドスクライバー、ダイサー、レーザー加工機から選択される少なくとも 1 種によって前記スクライプ・ラインと略平行の溝部(104)を形成する工程を有する請求項 1 に記載された窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項 6】基板(101)上の一方にのみ窒化物半導体(102)が形成された半導体ウエハー(100)を窒化物半導体素子(110)に分割する窒化物半導体素子の製造方法であって、第 1 及び第 2 の主面を有する半導体ウエハー(100)の窒化物半導体(102)が形成された第 1 の主面(111)側からレーザーを照射して第 2 の主面(121)側にスクライプ・ライン(103)を形成する工程と、前記第 1 の主面(111)側から前記スクライプ・ライン(103)と略平行であり基板(101)表面に達する溝部(104)を形成する工程と、前記スクライプ・ライン(103)に沿って半導体ウエハー(100)を分離する工程とを有することを特徴とする窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項 7】前記溝部(204)は第 1 の主面(211)側の予め基板が露出された表面に形成される請求項 6 に記載された窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項 8】基板(301)上の一方にのみ窒化物半導体(30

2)が形成された半導体ウエハー(300)を窒化物半導体素子(310)に分割する窒化物半導体素子の製造方法であって、

第 1 及び第 2 の主面を有する半導体ウエハー(300)の窒化物半導体(302)が形成された第 1 の主面(311)と対向する第 2 の主面(321)側からレーザーを照射して基板(301)の第 1 の主面(311)側にスクライプ・ライン(308)を形成する工程と、

前記第 2 の主面(321)側から窒化物半導体(302)に達しない溝部(309)を前記スクライプ・ライン(308)と略平行に形成する工程と、

前記スクライプ・ライン(308)に沿って前記半導体ウエハー(300)を分離する工程とを有することを特徴とする窒化物半導体素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は紫外域から橙色まで発光可能な発光ダイオードやレーザーダイオード、更には高温においても駆動可能な 3-5 族半導体素子の製造方法に係わり、特に、基板上に形成された窒化物半導体素子の製造方法に関する。

【0002】

【従来技術】今日、高エネルギーバンドギャップを有する窒化物半導体 ($\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}$ 、 $0 \leq x$ 、 $0 \leq y$ 、 $x+y \leq 1$) を利用した半導体素子が開発されつつある。窒化物半導体を利用したデバイス例として、青色、緑色や紫外がそれぞれ発光可能な発光ダイオードや青紫光が発光可能な半導体レーザが報告されている。更には高温においても安定駆動可能且つ機械的強度が高い各種半導体素子などが挙げられる。

【0003】通常、GaAs、GaP や InGaAlAs などの半導体材料が積層された半導体ウエハーは、チップ状に切り出され赤色、橙色、黄色などが発光可能な LED チップなどの半導体素子として利用される。半導体ウエハーからチップ状に切り出す方法としては、ダイサー、やダイヤモンドスクライバーが用いられる。ダイサーとは刃先をダイヤモンドとする円盤の回転運動によりウエハーをフルカットするか、又は刃先巾よりも広い巾の溝を切り込んだ後 (ハーフカット)、外力によりカットする装置である。一方、ダイヤモンドスクライバーとは同じく先端をダイヤモンドとする針などにより半導体ウエハーに極めて細い線 (スクライプ・ライン) を例えば基盤目状に引いた後、外力によってカットする装置である。GaP や GaAs 等のせん垂鉛構造の結晶は、へき開性が「110」方向にある。そのため、この性質を利用して GaAs、GaAlAs、GaP などの半導体ウエハーを比較的簡単に所望形状に分離することができる。

【0004】しかしながら、窒化物半導体を利用した半導体素子は、GaP、GaAlAs や GaAs 半導体基

板上に形成させたGaAsP、GaPやInGaAlAsなどの半導体素子とは異なり単結晶を形成させることが難しい。結晶性の良い窒化物半導体の単結晶膜を得るためには、MOCVD法やHDVPE法などを用いサファイアやスピネル基板など上にバッファ層を介して形成させることが行われている。サファイア基板などの上に形成された窒化物半導体層を所望の大きさに切断分離することによりLEDチップなど半導体素子を形成させなければならない。

【0005】サファイアやスピネルなどに積層される窒化物半導体はヘテロエピ構造である。窒化物半導体はサファイア基板などとは格子定数不整が大きい。また、サファイア基板は六方晶系という結晶構造を有しており、その性質上へき開性を有していない。さらに、サファイア、窒化物半導体ともモース硬度がほぼ9と非常に硬い物質である。

【0006】したがって、ダイヤモンドスクライバーで切断することは困難であった。また、ダイサーでフルカットすると、その切断面にクラック、チップングが発生しやすく綺麗に切断できなかった。また、場合によっては基板から窒化物半導体層が部分的に剥離する場合があった。

【0007】窒化物半導体の結晶性を損傷することなく半導体ウエハーを正確にチップ状に分離することができれば、半導体素子の電気特性や効率を向上させることができる。しかも、1枚の半導体ウエハーから多くの半導体チップを得ることができるため生産性をも向上させられる。

【0008】そのため窒化物半導体ウエハーはダイヤモンドスクライバーやダイサーを組み合わせて所望のチップごとに分離することが行われている。チップごとの分離方法として特開平8-274371号などに記載されている。具体的一例として、図5(A)から図5(D)に窒化物半導体素子の製造方法を示す。サファイア基板(501)上に窒化物半導体層(502)が形成された半導体ウエハー(500)を図5(A)に示している。サファイア基板下面側から窒化物半導体層に達しない深さでダイサー(不示図)による溝部(509)を形成する工程を図5(B)に示している。溝部(509)にスクライブ・ライン(507)を形成する工程を図5(C)に示してある。スクライブ工程の後半導体ウエハー(500)をチップ状の半導体発光素子(510)に分離する分離工程を図5(D)に示してある。これにより、切断面のクラック、チップングが発生することなく比較的綺麗に切断することができる。とされている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、半導体ウエハーの一方のみにスクライブ・ラインなどを形成させると分離時に他方の切断面にクラック、チップングが発生しやすい傾向にある。分離された窒化物半導体素子

の一表面形状は揃えることが可能であるが、窒化物半導体素子の他方の表面形状ではバラツキが発生し、半導体ウエハーにクラックやチップングが生じやすい。したがって、半導体ウエハーを分離するときに、スクライブ・ライン形成面側から形成されていない半導体ウエハー面側への割れかたを制御し完全に窒化物半導体素子の形状を揃えて切断することは極めて難しいという問題を有する。

【0010】他方、半導体ウエハーの両面にスクライブ・ラインを形成させ窒化物半導体ウエハーの割れ方を制御することは可能である。しかし、窒化物半導体ウエハーの両主面にスクライブ・ラインを形成するには半導体ウエハーをゴミの付着などを防止しつつ、ひっくり返し再度固定する工程が必要となり極めて量産性が悪くなる。また、サファイア基板上に形成された窒化物半導体の半導体ウエハー硬度は極めて高くダイヤモンドスクライバーのカッター刃先などの消耗、劣化が多くなり加工精度のバラツキ、刃先交換の為に製造コストが発生する。さらには、ダイヤモンドスクライバーでスクライブ・ラインを形成させると刃先の磨耗に応じてダイヤモンドスクライバーの加重を変えなければならない。また、ダイヤモンドスクライバーによりスクライブ・ラインを形成させるためにはそのダイヤモンドの刃先ごとに適した角度で接触させなければならない極めて量産性が悪いという問題を有する。

【0011】より小さい窒化物半導体素子を正確に量産性よく形成させることが望まれる今日においては上記切断方法においては十分ではなく、より優れた窒化物半導体素子の製造方法が求められている。

【0012】特に、窒化物半導体の結晶性を損傷することなく半導体ウエハーを正確にチップ状に分離することができれば、半導体素子の電気特性や効率を向上させることができる。しかも、1枚のウエハーから多くの窒化物半導体素子を得ることができるため生産性をも向上させられる。

【0013】したがって、本発明は窒化物半導体ウエハーをチップ状に分離するに際し、切断面のクラック、チップングの発生をより少なくする。また、窒化物半導体の結晶性を損なうことなく、かつ歩留まりよく所望の形、サイズに分離された窒化物半導体素子を量産性良く形成する製造方法を提供することを目的とするものである。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明は、基板(101)上に窒化物半導体(102)が形成された半導体ウエハー(100)を窒化物半導体素子(110)に分割する窒化物半導体素子(110)の製造方法である。特に、半導体ウエハー(100)は第1及び第2の主面を有し第1の主面(111)側及び/又は第2の主面(121)側からレーザーを半導体ウエハー(100)を介して照射し少なくとも基板(101)の第2の主面(12

1)側及び／又は基板(101)の第1の主面(111)側に形成された焦点にスクライブ・ライン(103)を形成する工程と、スクライブ・ラインに沿って半導体ウェハーを分離する工程とを有する窒化物半導体素子の製造方法である。

【0015】本発明の請求項2に記載された窒化物半導体素子の製造方法においては、第1の主面(111)が基板(101)上の一方向のみ窒化物半導体(102)が形成された半導体ウェハー(100)の窒化物半導体積層側であり、第2の主面(121)が半導体ウェハー(100)を介して第1の主面(111)と対向する基板露出面側である。

【0016】本発明の請求項3に記載された窒化物半導体素子の製造方法において、スクライブ・ラインが基板露出面に形成された凹部(103)である。

【0017】本発明の請求項4に記載された窒化物半導体素子の製造方法においては、スクライブ・ラインが基板内部に形成された加工変質層(206)である。

【0018】本発明の請求項5に記載された窒化物半導体素子の製造方法においては、レーザーが照射される半導体ウェハー(100)の第1の主面(111)側及び／又は第2の主面(121)側にダイヤモンドスクライバー、ダイサー、レーザー加工機から選択される少なくとも1種によってスクライブ・ラインと略平行の溝部(104)を形成する工程を有する。

【0019】本発明の請求項6に記載の窒化物半導体素子の製造方法は、基板(101)上の一方向のみ窒化物半導体(102)が形成された半導体ウェハー(100)を窒化物半導体素子(110)に分割する窒化物半導体素子の製造方法であって、第1及び第2の主面を有する半導体ウェハー(100)の窒化物半導体(102)が形成された第1の主面(111)側からレーザーを照射して第2の主面(121)側にスクライブ・ライン(103)を形成する工程と、第1の主面(111)側からスクライブ・ライン(103)と略平行であり基板(101)表面に達する溝部(104)を形成する工程と、スクライブ・ライン(103)に沿って半導体ウェハー(100)を分離する工程とを有する。

【0020】本発明の請求項7に記載の窒化物半導体素子の製造方法においては、溝部(204)が第1の主面(211)側の予め基板が露出された表面に形成される。

【0021】本発明の請求項8に記載の窒化物半導体素子の製造方法は、基板(301)上の一方向のみ窒化物半導体(302)が形成された半導体ウェハー(300)を窒化物半導体素子(310)に分割する窒化物半導体素子の製造方法であって、第1及び第2の主面を有する半導体ウェハー(300)の窒化物半導体(302)が形成された第1の主面(311)と対向する第2の主面(321)側からレーザーを照射して基板(301)の第1の主面(311)側にスクライブ・ライン(308)を形成する工程と、第2の主面(321)側から窒化物半導体(302)に達しない溝部(309)をスクライブ・ライン(308)と略平行に形成する工程と、スクライブ・ライン(30

8)に沿って半導体ウェハー(300)を分離する工程とを有する

【発明の実施の形態】本発明者らは種々実験の結果、窒化物半導体素子を製造する場合において半導体ウェハーの特定箇所に特定方向からレーザーを照射することにより、半導体特性を損傷することなく量産性に優れた窒化物半導体素子を製造することができることを見だし本発明を成すに到った。

【0022】即ち、本発明の方法により窒化物半導体素子の分離ガイドとなるスクライブ・ラインを窒化物半導体層を損傷することなく窒化物半導体ウェハーを透過してレーザー照射面側以外の任意の点に形成することができる。特に、同一面側から窒化物半導体素子に悪影響を引き起こすことなく半導体ウェハーの両面を比較的簡単に加工することができる。以下、本発明の製造方法について詳述する。

【0023】半導体ウェハーとして、LD (laser diode) となる構成の窒化物半導体層をスピネル基板上に形成させた。具体的には、スピネル基板上に、GaNのバッファ層、n型GaNのコンタクト層、n型AlGaInのクラッド層、n型GaNの光ガイド層、SiをドーブルInの組成を変化させた多重量子井戸構造となるInGaInの活性層、p型AlGaInのキャップ層、p型GaNの光ガイド層、p型AlGaInのクラッド層及びp型GaNのコンタクト層が積層されている。この半導体ウェハーのスピネル基板側からCO₂レーザーを照射して窒化物半導体層とスピネル基板の界面に加工変質層をスクライブ・ラインとして形成させた。スクライブ・ラインと略平行にダイサーによりスピネル基板上に溝を形成させる。ローラーにより溝に沿って加圧することで窒化物半導体素子を形成させた。分離された窒化物半導体素子は何れも端面が綺麗に形成されている。以下、本発明の工程に用いられる装置などについて詳述する。

【0024】(窒化物半導体ウェハー100、200、300、400)窒化物半導体ウェハー100、200、300、400としては、基板101上に窒化物半導体102が形成されたものである。窒化物半導体102の基板101としては、サファイア、スピネル、炭化珪素、酸化亜鉛や窒化ガリウム単結晶など種々のものが挙げられるが量産性よく結晶性の良い窒化物半導体層を形成させるためにはサファイア基板、スピネル基板などが好適に用いられる。サファイア基板などは劈開性がなく極めて硬いため本発明が特に有効に働くこととなる。窒化物半導体は基板の一方に形成させても良いし両面に形成させることもできる。

【0025】窒化物半導体($\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}$ 、 $0 \leq x$ 、 $0 \leq y$ 、 $x+y \leq 1$)はMOCVD法やHVPE法などにより種々形成することができる。窒化物半導体にPN接合、PIN接合、MIS接合を形成させることにより半導体素子として利用することができる。半導

体の構造もホモ接合、ヘテロ接合やダブルヘテロ接合など種々選択することができる。また、半導体層を量子効果が生じる程度の薄膜とした単一量子井戸構造や多重量子井戸構造とすることもできる。

【0026】窒化物半導体はバンドギャップが比較的大きく熱に強いことから紫外から赤色系まで発光可能な発光ダイオード、DVDなどに利用可能な短波長レーザーなどの発光素子、光センサーや比較的高起電力を有する太陽電池などの受光素子、耐熱性を持つトランジスターなど種々の半導体素子として利用することができる。

【0027】基板の厚さとしてはレーザー加工機の加工精度や出力により種々選択することができるがレーザーにより大きい溝（深い溝）を形成させる場合はダイヤモンドスクライバーやダイサーに比べて時間が掛かること及び長時間の加熱による部分的な破壊などの観点からレーザー加工による溝などを大きくさせすぎないことが好ましい。したがって、半導体ウエハーに形成される溝部104はレーザーによる他、量産性等を考慮してダイサーやダイヤモンドスクライバーにより種々選択することができる。或いはそれらの組み合わせにより形成させることができる。

【0028】窒化物半導体が積層されたサファイア基板を分離させる場合、切断端面を量産性良く切断させるために窒化物半導体ウエハーの最も薄い分離部の厚みは100 μ m以下が好ましい。100 μ m以下だとチップングやクラックなどが少なく比較的容易に分離することができる。基板の厚さの下限値は特に問わないが、あまり薄くすると半導体ウエハー自体が割れやすく量産性が悪くなるため30 μ m以上が好ましい。また、窒化物半導体層が単一量子井戸構造や多重量子井戸構造などの薄膜を含む場合、レーザー照射による半導体接合や半導体層の損傷を防ぐ目的で予めレーザーが照射される窒化物半導体層をエッチングなどにより予め除去することもできる。エッチングは種々のドライエッチング法やウエットエッチング法を用いることができる。

【0029】発光ダイオード用の窒化物半導体ウエハーとする場合、基板で通常300 μ mから500 μ mの厚みがあり、pn接合を持つ窒化物半導体層で数 μ mから数十 μ mの厚みがある。したがって、半導体ウエハーのほとんどが基板の厚みで占められることとなる。レーザーによる加工を行いやすくするために基板の厚みを研磨により薄くすることができる。このような研磨は、窒化物半導体を形成させてから薄くしても良いし薄く研磨した基板上に窒化物半導体を形成させることもできる。

【0030】なお、レーザーが照射された窒化物半導体ウエハーは、その焦点となる照射部が選択的に飛翔した凹部103、403或いは微視的なマイクロ・クロックの集合である加工変質層206、308になると考えられる。また、第1の主面側、第2の主面側とは加工分離される半導体ウエハーの総膜厚を基準として、総膜厚の

半分からその第1の主面或いは第2の主面に向けての任意の位置を言う。したがって、半導体ウエハーの表面でも良いし内部でも良い。さらに、本発明は第1の主面側及び/又は第2の主面側のレーザー加工に加えて半導体ウエハーの総膜厚の中心をレーザー加工させても良い。

【0031】（レーザー加工機）本発明に用いられるレーザー加工機としては、窒化物半導体ウエハーが分離可能な溝、加工変質層などが形成可能なものであればよい。具体的には、CO₂レーザー、YAGレーザーやエキシマ・レーザーなどが好適に用いられる。

【0032】レーザー加工機によって照射されるレーザーはレンズなどの光学系により所望により種々に焦点を調節させることができる。したがって、同一方向からのレーザー照射により半導体ウエハーの任意の焦点に窒化物半導体を損傷させることなく溝、加工変質層などを形成させることができる。また、レーザーの照射面は、フィルターを通すことなどにより真円状、楕円状や矩形状など所望の形状に調節させることもできる。

【0033】レーザー加工機によるスクライブ・ラインの形成にはレーザー照射装置自体を移動させても良いし照射されるレーザーのみミラーなどで走査して形成させることもできる。さらには、半導体ウエハーを保持するステージを上下、左右、90度回転など種々駆動させることにより所望のスクライブ・ラインを形成することもできる。以下、本発明の実施例について詳述するが実施例のみに限定されるものでないことは言うまでもない。

【0034】

【実施例】（実施例1）厚さ200 μ mであり洗浄されたサファイアを基板としてMOCVD法を利用して窒化物半導体を積層させ窒化物半導体ウエハーを形成させた。窒化物半導体は基板を分離した後に発光素子とすることが可能なよう多層膜として成膜させた。まず、510 $^{\circ}$ Cにおいて原料ガスとしてNH₃（アンモニア）ガス、TMG（トリメチルガリウム）ガス及びキャリアガスである水素ガスを流すことにより厚さ約200オングストロームのパッファー層を形成させた。

【0035】次に、TMGガスの流入を止めた後、反応装置の温度を1050 $^{\circ}$ Cに挙げ再びNH₃（アンモニア）ガス、TMGガス、ドーパントガスとしてSiH₄（シラン）ガス、キャリアガスとして水素ガスを流すことによりn型コンタクト層として働く厚さ約4 μ mのGa_{0.5}N層を形成させた。

【0036】活性層は、一旦、キャリアガスのみとさせ反応装置の温度を800 $^{\circ}$ Cに保持した後、原料ガスとしてNH₃（アンモニア）ガス、TMGガス、TMI（トリメチルインジウム）及びキャリアガスとして水素ガスを流すことにより厚さ約3nmのアンドープInGa_{0.5}N層を堆積させた。

【0037】活性層上にクラッド層を形成させるため原料ガスの流入を停止し反応装置の温度を1050 $^{\circ}$ Cに保

持した後、原料ガスとして NH_3 （アンモニア）ガス、TMA（トリメチルアルミニウム）ガス、TMGガス、ドーパントガスとして Cp_2Mg （シクロペンタジエルマグシウム）ガス及びキャリアガスとして、水素ガスを流しp型クラッド層として厚さ約 $0.1\mu\text{m}$ のGaAlN層を形成させた。

【0038】最後に、反応装置の温度を 1050°C に維持し原料ガスとして NH_3 （アンモニア）ガス、TMGガス、ドーパントガスとして Cp_2Mg ガス及びキャリアガスとして水素ガスを流しp型コンタクト層として厚さ約 $0.5\mu\text{m}$ のGa N 層を形成させた（図1

（A））。（なお、p型窒化物半導体層は 400°C 以上でアニール処理してある。）

こうして形成された半導体ウエハー100を形成された窒化物半導体102が上になるように上下・左右の平面方向に自由に駆動可能なテーブル上に固定させた。レーザー光線（波長 356nm ）をサファイア基板101上に形成された窒化物半導体102側から照射し、焦点がサファイア基板101の略底面に結ばれるようにレーザーの光学系を調整した。調整したレーザーを $16\text{J}/\text{cm}^2$ で照射させながらステージを移動させることによりサファイア基板101の底面に深さ約 $4\mu\text{m}$ のスクライプ・ライン103を縦横に形成する。形成されたスクライプ・ライン103は、窒化物半導体ウエハー100の主面から見るとそれぞれがその後に窒化物半導体素子110となる約 $350\mu\text{m}$ 角の大きさに形成させてある（図1（B））。

【0039】次に、レーザー加工機のレーザー照射部のみダイシングソーと入れ替え窒化物半導体ウエハーの固定を維持したままダイサーにより、半導体ウエハー100に窒化物半導体102の上面からサファイア基板101に達する溝部104を形成する。ダイサーにより形成された溝部104は、レーザー照射により形成されたスクライプ・ライン103と半導体ウエハー100を介して平行に形成されており、溝部104底面とサファイア基板101側の底面との間隔が、 $100\mu\text{m}$ でほぼ均一にさせた（図1（C））。

【0040】スクライプ・ライン103に沿って、不示図のローラーにより荷重を作用させ、窒化物半導体ウエハーを切断分離することができる。分離された端面はいずれもチップングやクラックのない窒化物半導体素子110を形成することができる（図1（D））。

【0041】実施例1ではレーザーが照射される窒化物半導体102が形成された半導体ウエハー100の表面側ではなく窒化物半導体102及びサファイア基板101を透過した半導体ウエハー100の裏面側となるサファイア基板101底面で集光されたレーザーによりスクライプ・ライン103が形成される。

【0042】半導体ウエハー100の窒化物半導体102が形成された主面側（レーザー照射側）からサファイ

アなどの基板101に達する溝部104を形成することで、容易にかつ正確にスクライプ・ライン104に沿って窒化物半導体素子110を分割することができる。

【0043】なお、スクライプ・ライン103の形成をレーザーで行うため、ダイヤモンドスクライパーの如き、カッターの消耗、劣化による加工精度のバラツキ、刃先交換のために発生するコストを低減することができる。また、半導体ウエハーの片側からだけの加工で、半導体ウエハー両面から加工したのと同様の効果を得られ、上面、裏面においても形状の揃った窒化物半導体素子110を製造することが可能となり、製造歩留まりを高め、形状のバラツキが低減できる分、特に、切り代を小さくし、半導体素子の採り数を向上させることが可能となる。さらに、スクライプ・ライン110をサファイア基板101側の表面で形成させるためにレーザーによる加工くずが窒化物半導体102上に付着することなくスクライプ・ラインを形成することができる。

【0044】（実施例2）実施例1と同様にして形成させた半導体ウエハーに、RIE（Reactive Ion Etching）によって窒化物半導体表面側から溝が形成されるサファイア基板との境界面が露出するまでエッチングさせ複数の島状窒化物半導体層205が形成された半導体ウエハーを用いる。なお、エッチング時にpn各半導体が露出するようマスクを形成させエッチング後除去させてある。また、pn各半導体層には、電極220がスパッタリング法により形成されている（図2（A））。

【0045】この半導体ウエハー200を実施例1と同様のレーザー加工機に固定配置させた。実施例2においてもレーザー加工機からのレーザーを窒化物半導体ウエハーの窒化物半導体205側から照射し、焦点がサファイア基板201の底面から $20\mu\text{m}$ のサファイア基板内部に結ばれるようにレーザー光学系を調整する。調整したレーザー光線を $16\text{J}/\text{cm}^2$ で照射させながらステージを移動させることによりサファイア基板の底面付近の基板内部に加工変質層206となるスクライプ・ラインを形成する（図2（B））。

【0046】次に、レーザー光学系（不示図）を調整し直し、焦点がエッチングにより露出されたサファイア基板201の上面（窒化物半導体の形成面側）に結ばれるように調整した。調整したレーザーを照射させながらステージを移動させることにより、半導体ウエハーに窒化物半導体層側の上面からサファイア基板に達する溝部を形成する。形成された溝部204は、加工変質層206とサファイア基板201を介して略平行に形成させてある。なお、レーザー照射により形成されたサファイア基板201上の溝部204は、溝部の底面とサファイア基板の底面との間隔が、約 $100\mu\text{m}$ で、ほぼ均一になるように調整してある。さらに、レーザー光学系を調節し直し、焦点がサファイア基板201に設けられた溝部底面に結ばれるよう調節した。調節したレーザーを 14J

／ cm^2 で照射させながらステージを移動させることにより、窒化物半導体が形成されたサファイア基板の露出面に設けられた溝部204の底面に深さ約 $3\mu\text{m}$ のスクライプ・ライン207を形成する(図2(C))。

【0047】続いて、溝部(スクライプ・ライン)に沿ってローラーによって荷重をかけ半導体ウエハーを切断し、LEDチップ210を分離させた(図2(D))。

【0048】こうして形成されたLEDチップに電力を供給したところいずれも発光可能であると共に切断端面にはチップングが生じているものはほとんどなかった。歩留まりは98%以上であった。

【0049】実施例2では半導体ウエハーの片面側からレーザーにより基板表裏両面にスクライプ・ラインを形成することで、厚みがある窒化物半導体ウエハーでもスクライプ・ラインに沿って簡単に窒化物半導体素子を分割することが可能となる。また、溝の形成される部分が、サファイア基板までエッチングされているため、溝形成による窒化物半導体への損傷がより少なく分離させた後の窒化物半導体素子の信頼性を向上させることが可能である。特に、スクライプ・ラインが形成されるとき、レーザーの焦点がサファイア基板内部で結ばれていることから、半導体ウエハーを固定している、テーブル若しくは粘着性シートを損傷することなく加工が実現できる。また、レーザー照射による加工くずの発生もない。なお、全てをレーザー加工でなく溝の形成をダイサーで行っても本発明と同様に量産性良く窒化物半導体素子を形成することができる。

【0050】レーザーによって溝部、スクライプ・ラインを窒化物半導体ウエハーに対して非接触で加工できる。そのため、ブレード及びカッターの消耗、劣化による加工精度のバラツキ、刃先の交換のために発生するコストを低減できる。また、半導体ウエハーの片側からだけの加工で、半導体ウエハー両面から加工したのと同様の効果を得られ、形状の揃った半導体チップを製造することが可能となる。製造歩留まりを高め形状のバラツキが低減できる分切り代を小さくし、窒化物半導体ウエハーからの半導体素子の採り数を向上させることが可能となる。

【0051】さらに、半導体層面からの溝部をもレーザーにより形成することで、より幅の狭い溝を形成することが可能となる。このため窒化物半導体ウエハーからのチップの採り数をさらに向上させることが可能となる。

【0052】(実施例3) 実施例1と同様にして形成させた半導体ウエハー300に、予めサファイア基板301を $80\mu\text{m}$ まで研磨して鏡面仕上げされている。この半導体ウエハーを窒化物半導体302が積層されていないサファイア基板301面を上にして実施例1と同様のレーザー加工機のステージに固定配置させた(図3(A))。

【0053】実施例3においてはレーザー加工機(不示

図)からのレーザーを窒化物半導体ウエハー300の窒化物半導体302が形成されていないサファイア基板301面側(基板露出面側)から照射し、焦点が窒化物半導体302とサファイア基板301の界面に結ばれるようにレーザー光学系を調整する。ステージを駆動させながらレーザーを照射することにより窒化物半導体302及び窒化物半導体と接したサファイア基板301界面近傍に加工変質層308であるスクライプ・ラインを縦横に第1のスクライプ・ラインとして形成する(図3(B))。

【0054】次に、レーザー加工機のレーザー照射部のみダイシングソー(不示図)と入れ替え窒化物半導体ウエハーの固定を維持したままダイサーによりブレード回転数30,000rpm、切断速度 3mm/sec で窒化物半導体積層されていないサファイア基板底面側から窒化物半導体面に達しない溝部309を形成した。ダイサーにより形成された溝部は、縦横とも加工変質層308と略平行に設けられ溝部309の底面とサファイア基板底面との間隔が、 $50\mu\text{m}$ でほぼ均一になるように形成させる。さらに、ダイシングソーをレーザー加工機と入れ替えレーザーの焦点をダイサーにより形成された溝部309の底面に合わせる。レーザー照射により、サファイア基板301に形成された溝部309の底面に深さ約 $3\mu\text{m}$ の第2のスクライプ・ライン307を形成する(図3(C))。

【0055】第2のスクライプ・ライン307に沿って、ローラー(不示図)により荷重をかけ窒化物半導体ウエハーを切断分離し窒化物半導体素子310を形成させた(図3(D))。こうして形成された窒化物半導体素子の切断端面にはチップングが生じているものはほとんどなかった。

【0056】実施例3に記載の方法は、サファイアなど基板301裏面側から窒化物半導体302に達しない溝部309を別途形成することで、レーザーにより形成されたスクライプ・ラインに沿って容易にかつ正確に窒化物半導体素子310を分離することが可能となる。したがって、上面、裏面においても形状の揃った窒化物半導体素子の供給、及び製品歩留まりの向上が可能となる。なお、ダイサーによる加工の後に、レーザー加工による第1及び第2のスクライプ・ラインの形成を形成することもできる。第1及び第2のスクライプ・ライン形成後にダイサーによる加工をすることもできる。

【0057】スクライプ・ラインの形成をレーザーで行うため、ダイヤモンドスクライパーのカッター消耗、劣化による加工精度のバラツキ、刃先交換のために発生するコストを低減することができる。また、窒化物半導体ウエハーをひっくり返すことなく、半導体ウエハーの片側からだけの加工で半導体ウエハー両面から加工したのと同様の効果を得られる。形状の揃った半導体チップを製造することが可能となり、製造歩留まりを高め形状の

バラツキが低減できるため切り代を小さくし、窒化物半導体ウエハーからの半導体チップの採り数を向上させることが可能となる。さらに、レーザー加工による加工くずが窒化物半導体表面に付着することもない。

【0058】（実施例4）実施例1と同様にして形成させた半導体ウエハーに、RIE（Reactive Ion Etching）によって窒化物半導体表面側から溝が形成されるサファイア基板401との境界面が露出するまでエッチングさせ複数の島状窒化物半導体405が形成された半導体ウエハー400を用いる。なお、エッチング時にp-n各半導体が露出するようマスクを形成させエッチング後除去させてある。また、p-n各半導体層には、電極420がスパッタリング法により形成されている。この半導体ウエハー400のサファイア基板401を100 μ mまで研磨して鏡面仕上げさせる（図4（A））。

【0059】半導体ウエハー400を窒化物半導体が全く積層されていないサファイア基板401を上にして実施例1と同様のレーザー加工機（不示図）に固定配置させた。実施例4においてはレーザー加工機のレーザーを半導体ウエハー（400）の窒化物半導体405が形成されていないサファイア基板401面側から照射し、焦点は窒化物半導体405が積層されたサファイア基板表面側の（予め基板が露出された）表面近傍に結ばれるようにレーザー光学系（不示図）を調整し、レーザー走査によりサファイア基板401に深さ約4 μ mの第1のスクライブ・ライン403を縦横に形成する（図4（B））。

【0060】次に、レーザー光学系を再び調整してレーザーの走査により、窒化物半導体ウエハーにサファイア基板401側から窒化物半導体405面に達しない溝部409を第1のスクライブ・ライン403に沿って形成する。レーザー光学系を再び調整してレーザーの走査により、溝部の底面に深さ約3 μ mの第2のスクライブ・ラインを形成する（図4（C））。

【0061】スクライブ・ラインに沿って、ローラー（不示図）により荷重をかけ窒化物半導体ウエハーを分離し窒化物半導体素子410を形成させる（図4（D））。

【0062】分離された窒化物半導体素子であるLEDチップに通電させたとく何れも発光可能であり、その端面を調べたとくチップングやクラックが生じているものはほとんどなかった。歩留まりは98%以上であった。

【0063】スクライブ・ラインの形成をレーザーで行うため、ダイヤモンドスクライバーのカッターの消耗、劣化による加工精度のバラツキ、刃先交換のために発生するコストを低減することができる。また、窒化物半導体ウエハーの片側からだけの加工で、半導体ウエハー両面から加工したのと同様の効果を得られ、形状の揃った半導体素子を製造することが可能となり、製造歩留まり

を高め、形状のバラツキが低減できる分、切り代を小さくし、窒化物半導体ウエハーからの半導体チップの採り数を向上させることが可能となる。

【0064】（実施例5）実施例1のYAGレーザーの照射の代わりにエキシマ・レーザーを用いた以外は実施例1と同様にして半導体ウエハーを分離してLEDチップを形成させた。実施例1と同様半導体ウエハーを分離させるときに半導体ウエハーを裏返すことなく分離することができる。また、形成されたLEDチップの分離端面はいずれも発光可能でありチップングやクラックのない綺麗な面を有している。

【0065】（比較例1）レーザー加工の代わりにダイヤモンドスクライバーにより繰り返し3回スクライブした以外は実施例1と同様にして半導体ウエハーを分離させた。比較例1の分離された窒化物半導体素子は部分的にクラックが生じていた。また、割れが生じ約84%以下の歩留まりであった。なお、半導体ウエハーの両面にスクライブ・ラインやダイサーによる溝を形成させるためにひっくり返すなどの手間がかかり作業性が極めて悪く約1.5倍の時間が掛かった。

【0066】

【発明の効果】本発明の窒化物半導体素子の製造方法では、レーザー源から照射したレーザーをレンズなどの光学系で集光することにより、所望の焦点付近でエネルギーを集中させることができる。このエネルギー密度が非常に高くなった焦点でワークの加工がなされる。特に、窒化物半導体ウエハーを透過したレーザーの焦点を利用する。不要な分離部となる窒化物半導体ウエハーに光学系で調整したレーザーを照射し、必要な窒化物半導体層の損傷をすることなく窒化物半導体ウエハーのレーザー照射面に対して半導体ウエハーの反対側の面まで自由に加工を行うことが可能となる。

【0067】したがって、本発明は窒化物半導体ウエハーを透過した所望の焦点での加工を利用することにより、窒化物半導体ウエハーを両面側から加工する必要がなく、片側からのみの加工で窒化物半導体ウエハーの表裏両面から加工したのと同じ効果を得ることができる。したがってより歩留まりを向上させ、且つ形状にバラツキが少ない窒化物半導体素子及びその量産性の良い製造方法を提供することができる。

【0068】

【図の簡単な説明】

【図1】図1は本発明の実施例1における半導体ウエハーの分離方法を示した模式的部分断面図である。

【0069】

【図2】図2は本発明の実施例2における半導体ウエハーの分離方法を示した模式的部分断面図である。

【0070】

【図3】図3は本発明の実施例3における半導体ウエハーの分離方法を示した模式的部分断面図である。

【0071】

【図4】図4は本発明の実施例4における半導体ウエハーの分離方法を示した模式的断面図である。

【0072】

【図5】図5は本発明と比較のために示す窒化物半導体ウエハーの切断方法を示した模式的断面図である。

【0073】

【符号の説明】

100、200、300、400・・・半導体ウエハー

101、201、301、401・・・基板

102、302・・・窒化物半導体層

103、403・・・基板表面に形成されたスクライブ・ライン

104、204・・・半導体層面よりサファイア基板に形成した溝部

205、405・・・島状窒化物半導体層

206・・・基板内部に形成した加工変質層によるスク

ライブ・ライン

207、307、407・・・溝部底面に形成したスク

ライブ・ライン

308・・・半導体層と基板の境界に形成したスクライブ・ライン

309、409・・・サファイア基板に形成した溝部

110、210、310、410・・・窒化物半導体素子

111、211、311、411・・・第1の主面

121、221、321、421・・・第2の主面

220、420・・・電極

500・・・半導体ウエハー

501・・・基板

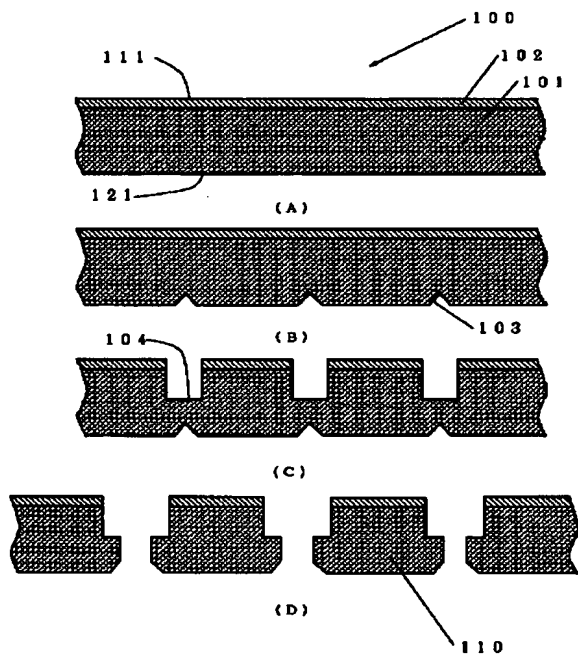
502・・・窒化物半導体層

507・・・溝部底面に形成したスクライブ・ライン

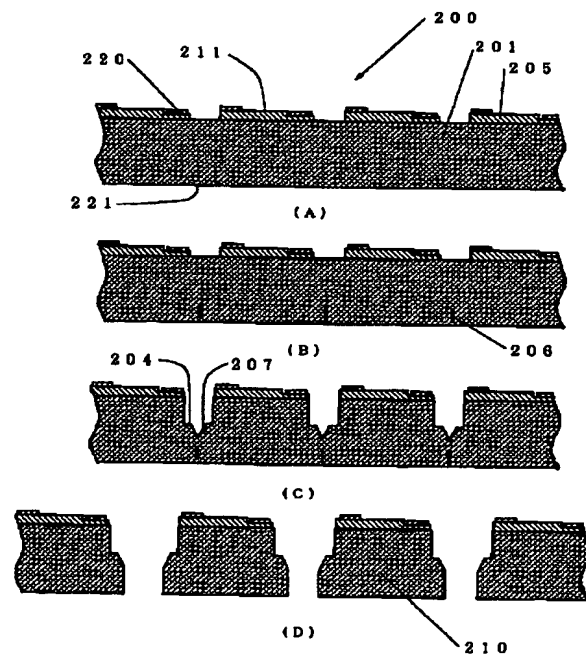
509・・・サファイア基板に形成した溝部

510・・・窒化物半導体素子

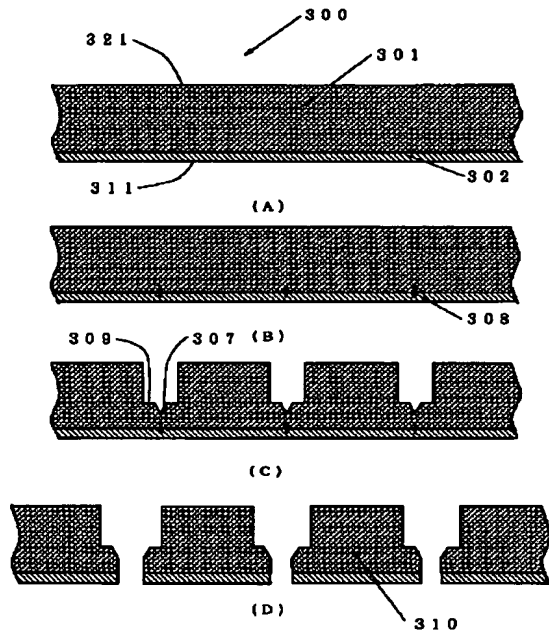
【図1】



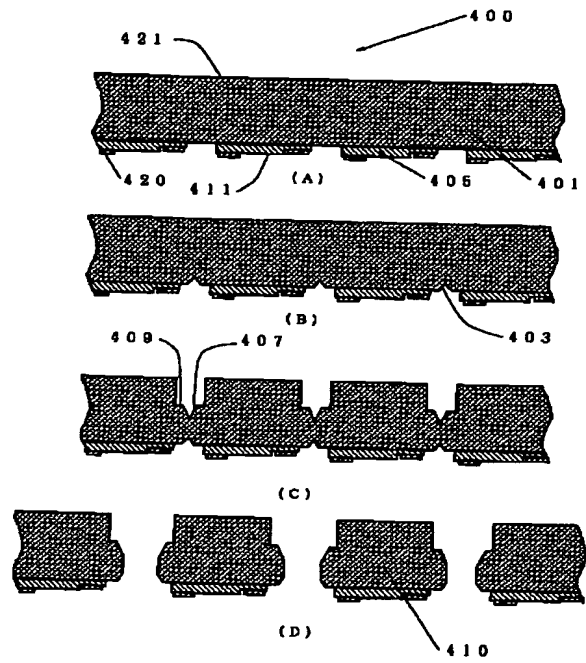
【図2】



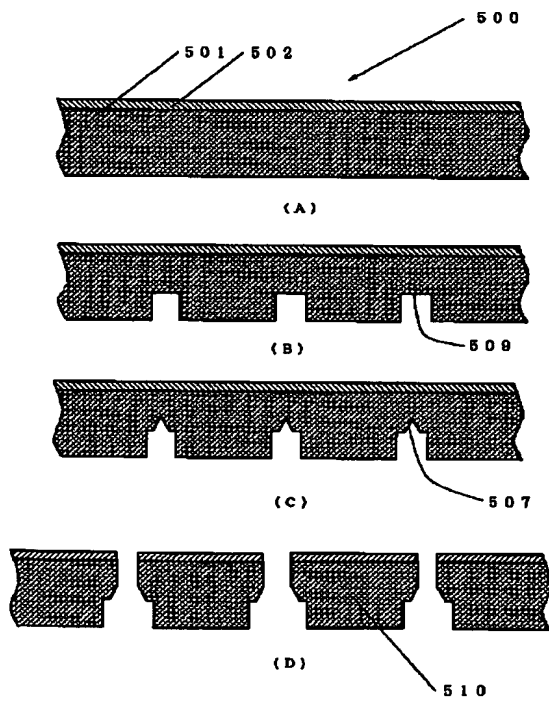
【図3】



【図4】



【図5】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.